

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takeshi YOSHIDA, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: PROCESSING METHOD OF SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. \_\_\_\_\_ Date Filed \_\_\_\_\_

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

Japan

APPLICATION NUMBER

2003-105272

MONTH/DAY/YEAR

April 9, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

☒ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

☐ were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_

☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number \_\_\_\_\_

Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_; and

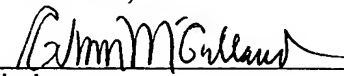
☐ (B) Application Serial No.(s) \_\_\_\_\_

☐ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
\_\_\_\_\_  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2003年 4月 9日

出願番号

Application Number:

特願2003-105272

[ST.10/C]:

[JP2003-105272]

出願人

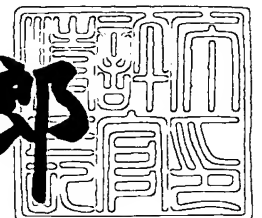
Applicant(s):

株式会社ルネサステクノロジ

2003年 6月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3046077

【書類名】 特許願

【整理番号】 544131JP01

【提出日】 平成15年 4月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

【氏名】 吉田 岳司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

【氏名】 小山 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

【氏名】 益子 洋治

【特許出願人】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目4番1号

【氏名又は名称】 株式会社ルネサステクノロジ

【代理人】

【識別番号】 100089233

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

【識別番号】 100088672

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉竹 英俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100088845

【弁理士】

【氏名又は名称】 有田 貴弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体基板の加工方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 (a) 半導体基板を準備する工程と、

(b) 前記半導体基板の主面に集束イオンビームを照射して前記半導体基板を加工し、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部を前記主面に形成する工程と

を備え、

前記工程 (b) において、前記半導体基板に対する前記集束イオンビームの照射位置に応じて、前記半導体基板に対する前記集束イオンビームの照射時間を変化させることによって前記半導体基板の削れ量を調整する、半導体基板の加工方法。

【請求項 2】 (a) 半導体基板を準備する工程と、

(b) 前記半導体基板の主面に集束イオンビームを照射して前記半導体基板を加工し、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部を前記主面に形成する工程と

を備え、

前記工程 (b) において、前記半導体基板に対する前記集束イオンビームの照射位置に応じて、前記集束イオンビームの焦点位置を変化させることによって前記半導体基板の削れ量を調整する、半導体基板の加工方法。

【請求項 3】 前記凸部の表面は、前記半導体基板の厚さ方向を回転軸とする回転曲面であって、

前記工程 (b) において、前記半導体基板をその厚さ方向を回転軸として回転させつつ前記集束イオンビームを前記半導体基板の前記主面に照射する、請求項 1 及び請求項 2 のいずれか一つに記載の半導体基板の加工方法。

【請求項 4】 (a) 半導体基板を準備する工程と、

(b) 前記半導体基板の主面にエッチングガス雰囲気中でレーザーを照射して前記半導体基板を加工し、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部を前記主面に形成する工程と

を備え、

前記工程（b）において、前記半導体基板に対する前記レーザーの照射位置に応じて、前記半導体基板に対する前記レーザーの照射時間を変化させることによって前記半導体基板の削れ量を調整する、半導体基板の加工方法。

【請求項 5】 前記凸部の表面は、前記半導体基板の厚さ方向を回転軸とする回転曲面であって、

前記工程（b）において、前記半導体基板をその厚さ方向を回転軸として回転させつつ前記レーザーを前記半導体基板の前記主面に照射する、請求項 4 に記載の半導体基板の加工方法。

【請求項 6】 （a）半導体基板を準備する工程と、

（b）前記半導体基板を加工して、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部をその主面に形成する工程と  
を備え、

前記工程（b）は、

（b-1）集束イオンビームによる単位時間当たりの削れ量が前記半導体基板と実質的に同一である材料からなり、前記凸部と同じ形状を有するマスクを前記半導体基板の前記主面上に載置する工程と、

（b-2）前記マスクの上方から前記マスクが除去されるまで前記マスク及び前記半導体基板に前記集束イオンビームを照射して、前記主面に前記凸部を形成する工程と

を含む、半導体基板の加工方法。

【請求項 7】 （a）半導体基板を準備する工程と、

（b）前記半導体基板を加工して、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部をその主面に形成する工程と  
を備え、

前記工程（b）は、

（b-1）前記半導体基板とエッチングレートが実質的に同一である材料から成り、前記凸部と同じ形状を有するマスクを前記半導体基板の前記主面上に載置する工程と、

(b-2) 前記マスクの上方から前記マスクが除去されるまで前記マスク及び前記半導体基板に対してドライエッチングを行って、前記主面に前記凸部を形成する工程と

を含む、半導体基板の加工方法。

【請求項 8】 (a) 半導体基板を準備する工程と、

(b) 前記半導体基板を加工して、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部をその主面に形成する工程と

を備え、

前記工程 (b) は、

(b-1) エッチングガス雰囲気中でのレーザーによる単位時間当たりの削れ量が前記半導体基板と実質的に同一である材料からなり、前記凸部と同じ形状を有するマスクを前記半導体基板の前記主面上に載置する工程と、

(b-2) 前記エッチングガス雰囲気中において、前記マスクの上方から前記マスクが除去されるまで前記マスク及び前記半導体基板に前記レーザーを照射して、前記主面に前記凸部を形成する工程と

を含む、半導体基板の加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、半導体基板の表面に固浸レンズを形成する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

L S I 等の半導体装置の多層配線化に伴い、半導体基板の上面からの評価・解析は困難になり、半導体基板の裏面からのアプローチが必須となっている。裏面からの主な故障解析方法としては、電流リーク箇所から発生する微弱な光を検出することによって故障解析を行う発光解析（「エミッション解析」とも呼ばれる）や、レーザービームの照射によって発生する起電流または電源電流の変化を像に変換することにより故障箇所を特定する O B I C（光起電流解析）及び O B R C H（Optical Beam Induced Resistance CHange）、さらにレーザービームを照

射してその反射光の強度または位相変化を捉えることにより任意箇所での電位波形を観測するレーザーボルテージプローブ（LVP）等がある。これらの半導体基板の裏面からの解析（以後、単に「裏面解析」と呼ぶ）では、厚さ数100  $\mu$ mの半導体基板を介して、その上面に形成されている半導体素子にアクセスする必要があるために、通常、シリコンを透過する赤外光が利用される。しかしながら、使用する赤外光の波長は1  $\mu$ m以上であるため、空間分解能は実効的に0.7  $\mu$ m以上となり、裏面解析の適用により像分解能が犠牲にならざるを得なかった。

#### 【0003】

そこで、空間分解能を改善する技術として、非特許文献1に、シリコンから成る固浸レンズを用いた技術が提案されている。この技術は、光の媒質の屈折率を増加させることにより、光の波長で制限される回折限界を超越する解像度を得るものである。

#### 【0004】

非特許文献1に記載の技術によれば、略半球状の固浸レンズを半導体基板の裏面に密着させて、シリコンを透過する光をかかる固浸レンズを介して半導体基板に入射することによって、固浸レンズが無い場合よりも集光角を飛躍的に大きくすることができる。分解能 $d$ は、 $d = \lambda / (2 \cdot n \cdot \sin \theta)$ で表現され、 $n \cdot \sin \theta$ で表される開口数NAは、固浸レンズの適用により理想的には屈折率 $n$ の二乗倍にまで向上させることが可能である。なお、上記 $\theta$ 及び $\lambda$ はそれぞれ集光角の半角及び光の波長を表している。

#### 【0005】

しかしながら、非特許文献1に記載の技術では、半導体基板と固浸レンズとの間に隙間が生じると、大幅に分解能が劣化することがあった。そこで、半導体基板を加工して、その表面に略半球状の凸部を形成し、この凸部を固浸レンズとして使用することによって、固浸レンズと半導体基板とを一体的に形成する技術が、特許文献1に記載されている。

#### 【0006】

特許文献1に記載の技術では、固浸レンズとして作用する凸部と半導体基板と



が一体的に形成されているため、固浸レンズと半導体基板との間に隙間が生じることが無く、非特許文献 1 に記載の技術よりも分解能が向上する。

【0007】

なお、特許文献 1 に記載の技術の関連技術が、本出願人による先行出願（未公開）に記載されており、かかる先行出願の出願番号は、「特願 2 0 0 3 - 5 5 5 0」である。

【0008】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 1 8 9 0 0 0 号公報

【非特許文献 1】

S.B.Ippolito et al., "High spatial resoluton subsurface microscopy", Applied Physics Letters, Vol.78, No.26, June 2001, pp .4071-4073

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

上述の特許文献 1 に記載の技術では、半導体基板の表面に固浸レンズとして作用する凸部を形成する際に、断面が略半円形の溝を有する研磨ツールを用いて半導体基板を加工している。そのため、凸部の表面を精度の良い曲面に仕上げることが困難であった。その結果、凸部の固浸レンズとしてのレンズ性能を十分に発揮させることができなかった。

【0010】

そこで、本発明は上述の問題に鑑みて成されたものであり、半導体基板を加工して、その表面に固浸レンズを形成する場合に、かかる固浸レンズの性能を向上することができる半導体基板の加工技術を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る半導体基板の第 1 の加工方法は、（a）半導体基板を準備する工程と、（b）前記半導体基板の主面に集束イオンビームを照射して前記半導体基板を加工し、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部を前記主面に

形成する工程とを備え、前記工程（b）において、前記半導体基板に対する前記集束イオンビームの照射位置に応じて、前記半導体基板に対する前記集束イオンビームの照射時間を変化させることによって前記半導体基板の削れ量を調整する。

#### 【0012】

この発明に係る半導体基板の第2の加工方法は、（a）半導体基板を準備する工程と、（b）前記半導体基板の主面に集束イオンビームを照射して前記半導体基板を加工し、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部を前記主面に形成する工程とを備え、前記工程（b）において、前記半導体基板に対する前記集束イオンビームの照射位置に応じて、前記集束イオンビームの焦点位置を変化させることによって前記半導体基板の削れ量を調整する。

#### 【0013】

この発明に係る半導体基板の第3の加工方法は、（a）半導体基板を準備する工程と、（b）前記半導体基板の主面にエッチングガス雰囲気中でレーザーを照射して前記半導体基板を加工し、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部を前記主面に形成する工程とを備え、前記工程（b）において、前記半導体基板に対する前記レーザーの照射位置に応じて、前記半導体基板に対する前記レーザーの照射時間を変化させることによって前記半導体基板の削れ量を調整する。

#### 【0014】

この発明に係る半導体基板の第4の加工方法は、（a）半導体基板を準備する工程と、（b）前記半導体基板を加工して、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部をその主面に形成する工程とを備え、前記工程（b）は、（b-1）集束イオンビームによる単位時間当たりの削れ量が前記半導体基板と実質的に同一である材料からなり、前記凸部と同じ形状を有するマスクを前記半導体基板の前記主面上に載置する工程と、（b-2）前記マスクの上方から前記マスクが除去されるまで前記マスク及び前記半導体基板に集束イオンビームを照射して、前記主面に前記凸部を形成する工程とを含む。

#### 【0015】

この発明に係る半導体基板の第5の加工方法は、（a）半導体基板を準備する工程と、（b）前記半導体基板を加工して、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部をその主面に形成する工程とを備え、前記工程（b）は、（b-1）前記半導体基板とエッチングレートが実質的に同一である材料から成り、前記凸部と同じ形状を有するマスクを前記半導体基板の前記主面上に載置する工程と、（b-2）前記マスクの上方から前記マスクが除去されるまで前記マスク及び前記半導体基板に対してドライエッチングを行って、前記主面に前記凸部を形成する工程とを含む。

【0016】

この発明に係る半導体基板の第6の加工方法は、（a）半導体基板を準備する工程と、（b）前記半導体基板を加工して、固浸レンズとして作用する、表面が曲面である凸部をその主面に形成する工程とを備え、前記工程（b）は、（b-1）エッチングガス雰囲気中でのレーザーによる単位時間当たりの削れ量が前記半導体基板と実質的に同一である材料からなり、前記凸部と同じ形状を有するマスクを前記半導体基板の前記主面上に載置する工程と、（b-2）前記エッチングガス雰囲気中において、前記マスクの上方から前記マスクが除去されるまで前記マスク及び前記半導体基板に前記レーザーを照射して、前記主面に前記凸部を形成する工程とを含む。

【0017】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

まず、本発明の実施の形態1に係る半導体基板の加工方法によって製作される半導体基板1について説明する。図1は、かかる半導体基板1の構造を示す図であって、図1（a）はその断面図を示しており、図1（b）は図1（a）の矢視Aから見た場合の平面図を示している。また図2は、図1（a）に示す、半導体基板1の加工領域だけを取り出して示す斜視図である。

【0018】

図1，2に示されるように、例えばシリコン基板である半導体基板1の一方の主面3aには凹部4が形成されており、かかる凹部4の底面4aに凸部2が形成

されている。後述するように、凹部 4 と凸部 2 とは、半導体基板 1 をその主面 3 a から加工して形成されるため互いに一体と成っている。

【 0 0 1 9 】

凸部 2 は例えば半球体であって、その表面は半球面を成している。そして、凸部 2 の球径  $r$  は例えば  $300\ \mu\text{m}$  であって、その中心  $O$  は、半導体基板 1 の他方の主面 3 b からその内部に向って厚さ方向に距離  $d_0$  のところに位置している。なお、半導体基板 1 の厚さ  $d_w$  は例えば  $400\ \mu\text{m}$  であって、距離  $d_0$  は例えば  $100\ \mu\text{m}$  である。また、半導体基板 1 の厚さ方向における凹部 4 の底面 4 a と半導体基板 1 の主面 3 b との距離も距離  $d_0$  である。

【 0 0 2 0 】

上述のような形状を成す凸部 2 は球面レンズとして作用し、半導体基板 1 の他方の主面 3 b に形成される半導体素子（図示せず）等に対して裏面解析を行う際に固浸レンズとして利用される。例えば発光解析では、半導体素子の電流リーク箇所から発生した光が凸部 2 を通して半導体基板 1 の外部に取り出される。そして、このようにして取り出された光を利用して故障解析等が行われる。また O B I C では、半導体素子に凸部 2 を通してレーザービームが照射され、それによって発生する起電流の変化を利用して故障解析等が行われる。

【 0 0 2 1 】

次に、図 1，2 に示される半導体基板 1 を形成することが可能な本実施の形態 1 に係る半導体基板の加工方法について説明する。本実施の形態 1 では、図 1，2 に示されるように、凸部 2 の中心  $O$  を原点とし、半導体基板 1 の厚さ方向を  $Z$  軸とする 3 次元の直交座標系  $Q_1$  を定義し、この直交座標系  $Q_1$  を用いて以下に本実施の形態 1 に係る半導体基板の加工方法について説明する。

【 0 0 2 2 】

図 3 は本実施の形態 1 に係る加工方法を示す断面図である。図 3 に示されるように、本実施の形態 1 の加工方法では、既存の集束イオンビーム装置を用いて、集束イオンビーム 5 を半導体基板 1 の主面 3 a に照射して半導体基板 1 を加工し、固浸レンズとして作用する凸部 2 を半導体基板 1 の主面 3 a に形成するとともに、凹部 4 を半導体基板 1 の主面 3 a に形成する。そして、集束イオンビーム 5

による半導体基板 1 の削れ量を、半導体基板 1 に対する集束イオンビーム 5 の照射時間で調整する。以下に具体的に説明する。

【0023】

上述のように定義した直交座標系 Q 1 において、集束イオンビーム 5 を X 軸及び Y 軸に沿って移動させて、集束イオンビーム 5 をその照射位置に移動し、その場に停止した後、集束イオンビームの照射位置に応じてその照射時間  $t$  を変化させる。このときの照射時間  $t$  は以下の式 (1) で表される。

【0024】

【数 1】

$$\begin{aligned} & x^2 < r^2 \text{ かつ } y^2 < r^2 \text{ のとき} \\ & \quad t = 1/a_0 \times (dw - d_0 - (r^2 - x^2 - y^2)^{1/2}) \\ & x^2 \geq r^2 \text{ または } y^2 \geq r^2 \text{ のとき} \\ & \quad t = 1/a_0 \times (dw - d_0) \end{aligned} \quad \dots(1)$$

【0025】

ただし、係数  $a_0$  は半導体基板 1 の主面 3 a の単位面積にジャストフォーカスで集束イオンビーム 5 を照射するときの単位時間当たりの半導体基板 1 の Z 軸方向の削れ量を示しており、例えば集束イオンビームカレントを  $10 \mu A$  に設定した場合には、 $0.1 \mu m/\text{秒}$  となる。また変数  $x$ 、 $y$  は、集束イオンビーム 5 の照射位置の X 座標の値及び Y 座標の値をそれぞれ示している。以後、変数  $x$ 、 $y$  を集束イオンビーム 5 の 2 次元位置 ( $x$ 、 $y$ ) と、変数  $x$  を集束イオンビーム 5 の 1 次元位置  $x$  とそれぞれ呼ぶ場合がある。

【0026】

上述の式 (1) で示されるように、凸部 2 を形成する際の照射時間  $t$ 、つまり  $x^2 < r^2$  かつ  $y^2 < r^2$  のときの照射時間  $t$  は、集束イオンビーム 5 の 2 次元位置 ( $x$ 、 $y$ ) の値によって変化し、凹部 4 における凸部 2 の形成されていない部分を形成する際の照射時間  $t$ 、つまり  $x^2 \geq r^2$  または  $y^2 \geq r^2$  のときの照射時間  $t$  は一定である。

【0027】

また、半導体基板 1 に集束イオンビーム 5 を照射して加工する際には、図 3 に

示されるように、Z軸方向に沿って上下に移動可能なステージ10の上に半導体基板1を載置する。そして、基板加工中も集束イオンビーム5が常にジャストフォーカスで半導体基板1の主面3aに照射されるように、Z軸の負方向への基板加工の進行とともに、半導体基板1をZ軸の正方向に移動させる。

【0028】

半導体基板1の主面3aのある点を加工する際、基板加工が進行するにつれて被加工面はもともとの半導体基板1の主面3aの位置から深い位置に変化する。そのため、基板加工中も集束イオンビーム5のフォーカスを被加工面に一致させるためには、基板加工の進行とともに半導体基板1をZ軸の正方向に移動させる必要がある。

【0029】

例えば、半導体基板1の主面3aのある点におけるZ軸方向のトータルの削れ量をGとすると、基板加工は等速でZ軸の負方向に進行するため、 $G/t$ （ $t$ は照射時間）の速度でステージ10をZ軸の正方向に移動させる。そして、その点での加工が終了した後に、つまり $t$ 秒後に、ステージ10をもとの位置に戻す。そして、集束イオンビーム5の照射位置を移動させて、次の点での加工を同様に行う。この動作を繰り返すことによって、集束イオンビーム5のフォーカスは常に被加工面と一致することになり、集束イオンビーム5の照射時間 $t$ だけで半導体基板1の削れ量を調整することができる。

【0030】

このように、本実施の形態1に係る半導体基板の加工方法によれば、半導体基板1の削れ量を、集束イオンビーム5の照射位置に応じてその照射時間 $t$ を変化させることによって調整しているため、凸部2の表面を特許文献1に記載の加工方法よりも精度の良い曲面に仕上げることができる。従って、凸部2の固浸レンズとしての性能を向上することができ、裏面解析精度が向上する。

【0031】

なお、本実施の形態1に係る半導体基板の加工方法を用いることによって、球面レンズとして作用する凸部2だけではなく、非球面レンズとして作用する凸部2を半導体基板1の主面3aに形成することも可能である。以下に、この場合の

基板加工方法について具体的に説明する。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、図 1 に示す半導体基板 1 において、球面レンズとして作用する凸部 2 の替わりに、非球面レンズとして作用する凸部 2 を主面 3 a に備える半導体基板 1 の構造を示す断面図である。図 4 ( a ) はかかる半導体基板 1 の断面図を示しており、図 4 ( b ) は図 4 ( a ) の矢視 B から見た場合の平面図を示している。

【 0 0 3 3 】

図 4 に示されるように、凸部 2 は例えば半楕円体であって、その表面は半楕円面を成している。この半楕円面は、例えば半導体基板 1 の厚さ方向を短軸、それに垂直な方向を長軸とする楕円を、短軸のまわりに回転して得られる横に長い回転楕円面の一部である。このため、図 4 ( a ) に示される凸部 2 の断面形状は楕円形の一部であって、図 4 ( b ) に示される凸部 2 の平面形状は円形となっている。

【 0 0 3 4 】

半楕円体の凸部 2 の中心 O は、半導体基板 1 の主面 3 b からその内部に向って厚さ方向に距離 d 0 のところに位置している。そして、図 4 に示されるように、この中心 O を原点とし、半導体基板 1 の厚さ方向を Z 軸とする 3 次元の直交座標系 Q 2 を定義する。

【 0 0 3 5 】

凸部 2 の表面は半楕円面であるため、この直交座標系 Q 2 を用いると、凸部 2 の表面形状を以下の式 ( 2 ) で表すことができる。

【 0 0 3 6 】

【数 2】

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} + \frac{Z^2}{c^2} = 1 \quad (Z \geq 0) \cdots (2)$$

【 0 0 3 7 】

ただし、上記式 ( 2 ) 中の係数 a , b , c は、凸部 2 の半楕円面の 3 つの主軸の長さの半分を示しており、例えばそれぞれ 4 0 0 μ m , 4 0 0 μ m , 3 0 0 μ m に設定される。

【 0 0 3 8 】

なお、図 4 に示す半導体基板 1 の厚さ  $d_w$  は例えば  $400\mu m$  であって、距離  $d_0$  は例えば  $100\mu m$  である。また、半導体基板 1 の厚さ方向における凹部 4 の底面 4 a と半導体基板 1 の主面 3 b との距離も距離  $d_0$  である。

【 0 0 3 9 】

上述のような形状を有する凸部 2 は非球面レンズとして作用し、裏面解析を行う際に固浸レンズとして利用される。

【 0 0 4 0 】

本実施の形態 1 に係る加工方法で図 4 に示される凸部 2 を形成する際、集束イオンビーム 5 の照射時間  $t$  を以下のように設定する。

【 0 0 4 1 】

【数 3】

$$\begin{aligned} & x^2 < a^2 \text{ かつ } y^2 < b^2 \text{ のとき} \\ & t = 1/a_0 \times (d_w - d_0 - c \times (1 - x^2/a^2 - y^2/b^2)^{1/2}) \\ & x^2 \geq a^2 \text{ または } y^2 \geq b^2 \text{ のとき} \\ & t = 1/a_0 \times (d_w - d_0) \end{aligned} \quad \dots(3)$$

【 0 0 4 2 】

そして、球面レンズの凸部 2 を形成する場合と同様に、半導体基板 1 を加工する際はステージ 10 上に半導体基板 1 を載置し、基板加工中も集束イオンビーム 5 が常にジャストフォーカスで半導体基板 1 の主面 3 a に照射されるように、Z 軸の負方向への基板加工の進行とともに、半導体基板 1 を Z 軸の正方向に移動させる。これにより、集束イオンビーム 5 の照射時間  $t$  だけで半導体基板 1 の削れ量を調整することができる。従って、非球面レンズとして作用する凸部 2 の表面を精度の良い曲面に仕上げることができ、凸部 2 の固浸レンズとしての性能を向上することができる。

【 0 0 4 3 】

実施の形態 2.

上述の実施の形態 1 では、集束イオンビーム 5 の照射時間  $t$  を変化することによって半導体基板 1 の削れ量を調整していたが、本実施の形態 2 では、照射時間



$t$  は一定であって、集束イオンビーム 5 の焦点位置  $F_z$  を変化することによって半導体基板 1 の削れ量を調整する加工方法を提案する。

【0044】

図 5 は本実施の形態 2 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。図 5 (a) に示される構造は、加工前の半導体基板 1 の断面構造であって、図 5 (b) に示される構造は、加工後の半導体基板 1 の断面構造である。なお、図 5 (b) に示される半導体基板 1 は、図 1 (a) に示される半導体基板 1 と同じである。

【0045】

本実施の形態 2 の加工方法では、集束イオンビーム 5 を直交座標系  $Q_1$  における  $X$  軸及び  $Y$  軸に沿って移動させて、集束イオンビーム 5 をその照射位置に移動し、その場に停止した後、集束イオンビーム 5 の 2 次元位置 ( $x, y$ ) に応じて、その焦点位置  $F_z$  を変化させる。以下に具体的に説明する。

【0046】

まず、図 5 (a) に示されるように、加工前の半導体基板 1 を  $Z$  軸方向に移動可能なステージ 10 上に載置する。そして、既存の集束イオンビーム装置を用いて、半導体基板 1 の主面 3 a に対する集束イオンビーム 5 の照射位置を  $X$  軸方向及び  $Y$  軸方向に沿って移動させて半導体基板 1 を加工し、その主面 3 a に固浸レンズとして作用する凸部 2 を形成する。このとき、集束イオンビーム 5 の照射時間  $t$  は一定で、その焦点位置  $F_z$  を集束イオンビーム 5 の 2 次元位置 ( $x, y$ ) の値に応じて変化させる。

【0047】

例えば、2 次元位置 ( $x, y$ ) における集束イオンビーム 5 の照射時間  $t$  を、上記式 (1) 中の係数  $a_0$  を定義する際に使用した単位時間と同じ値に設定した場合、ジャストフォーカス時の焦点位置を “1” としたときの焦点位置  $F_z$  は以下の式 (4) で表すことができる。

【0048】

【数 4】

 $x^2 < r^2$ かつ $y^2 < r^2$ のとき

$$Fz = ((dw - d0 - (r^2 - x^2 - y^2)^{1/2}) / a0)^{1/2}$$

 $x^2 \geq r^2$ または $y^2 \geq r^2$ のとき

$$Fz = ((dw - d0) / a0)^{1/2} \quad \dots(4)$$

【0049】

上記式(4)で示されるように、凸部2を形成する際の焦点位置Fz、つまり $x^2 < r^2$ かつ $y^2 < r^2$ のときの焦点位置Fzは、集束イオンビーム5の2次元位置(x, y)の値によって変化し、凹部4における凸部2の形成されていない部分を形成する際の焦点位置Fz、つまり $x^2 \geq r^2$ または $y^2 \geq r^2$ のときの焦点位置Fzは一定である。

【0050】

なお、集束イオンビームの焦点位置の2乗と、そのエネルギー密度とが比例関係にあり、エネルギー密度と、半導体基板の削れ量とは比例関係にある。従って、上記式(4)からも理解できるように、集束イオンビームの焦点位置の2乗と、半導体基板の削れ量とが比例関係にある。

【0051】

上述のように、半導体基板1の主面3aのある点を加工する際、基板加工が進行するにつれて被加工面はもともとの半導体基板1の主面3aの位置から深い位置に変化する。そのため、基板加工中も集束イオンビーム5の焦点位置Fzを上記式(4)で表される値に維持するためには、基板加工の進行とともに半導体基板1をZ軸の正方向に移動させる必要がある。

【0052】

そこで、実施の形態1と同様に、Z軸の負方向への基板加工の進行とともに、ステージ10をZ軸の正方向に移動させることによって、半導体基板1をZ軸の正方向に移動させる。

【0053】

例えば、半導体基板1の主面3aのある点におけるZ軸方向のトータルの削れ量をGとすると、基板加工は等速でZ軸の負方向に進行するため、 $G/t$  (tは

照射時間) の速度でステージ 1 0 を Z 軸の正方向に移動させる。そして、その点での加工が終了した後に、ステージ 1 0 をもとの位置に戻す。そして、集束イオンビーム 5 の照射位置を移動させて、移動後の照射位置に応じた焦点位置  $F_z$  を設定し、次の点での加工を同様に行う。この動作を繰り返すことによって、集束イオンビーム 5 の焦点位置  $F_z$  は基板加工中であっても常に上記式 (4) で示される値となり、集束イオンビーム 5 の焦点位置  $F_z$  だけで半導体基板 1 の削れ量を調整することができる。

## 【 0 0 5 4 】

このように、本実施の形態 2 に係る半導体基板の加工方法では、半導体基板 1 の削れ量を、集束イオンビーム 5 の照射位置に応じてその焦点位置  $F_z$  を変化させることによって調整しているため、上述の実施の形態 1 とは異なった方法で、凸部 2 の表面を特許文献 1 に記載の加工方法よりも精度の良い曲面に仕上げることができる。従って、凸部 2 の固浸レンズとしての性能を向上することができ、裏面解析精度が向上する。

## 【 0 0 5 5 】

なお、本実施の形態 2 に係る半導体基板の加工方法を用いて、上述の図 4 に示す、非球面レンズとして作用する凸部 2 を半導体基板 1 の主面 3 a に形成することができる。この場合には、焦点位置  $F_z$  を以下のように設定する。

## 【 0 0 5 6 】

【数 5】

$x^2 < a^2$  かつ  $y^2 < b^2$  のとき

$$F_z = ((dw - d_0 - c \times (1 - x^2/a^2 - y^2/b^2)^{1/2}) / a_0)^{1/2}$$

$x^2 \geq a^2$  または  $y^2 \geq b^2$  のとき

$$F_z = ((dw - d_0) / a_0)^{1/2} \quad \dots(5)$$

## 【 0 0 5 7 】

ただし、上記式 (5) 中の焦点位置  $F_z$  は、2 次元位置 (x, y) における集束イオンビーム 5 の照射時間 t を、上記式 (1) 中の係数  $a_0$  を定義する際に使用した単位時間と同じ値に設定した場合におけるジャストフォーカス時の焦点位置を “1” としたときの焦点位置である。

## 【 0 0 5 8 】

また、非球面レンズの凸部 2 を形成する場合にも、基板加工中も集束イオンビーム 5 が常に上記式 (5) で示される値に維持されるように、Z 軸の負方向への基板加工の進行とともに、半導体基板 1 を Z 軸の正方向に移動させる。

## 【 0 0 5 9 】

このように、集束イオンビーム 5 の焦点位置  $F_z$  を調整することによって、非球面レンズとして作用する凸部 2 を半導体基板 1 の主面 3 a に形成することができるため、かかる凸部 2 の固浸レンズとしての性能を向上することができる。

## 【 0 0 6 0 】

実施の形態 3.

図 6 は本発明の実施の形態 3 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。図 6 (a) に示される構造は、加工前の半導体基板 1 の断面構造であって、図 6 (b) に示される構造は、加工後の半導体基板 1 の断面構造である。なお、図 6 (b) に示される半導体基板 1 は、図 1 (a) に示される半導体基板 1 と同じである。

## 【 0 0 6 1 】

上述の実施の形態 1 では、集束イオンビーム 5 の照射時間  $t$  を変化させて半導体基板 1 の削れ量を調整していたが、本実施の形態 3 では、図 6 に示されるように、エッチングガス 2 6 雰囲気中でレーザー 2 5 の照射時間  $t$  を変化させて半導体基板 1 の削れ量を調整する。

## 【 0 0 6 2 】

例えば、エッチングガス 2 6 として作用する  $XeF_2$  (ニフッ化キセノン) ガス雰囲気中で、ヘリウムネオンレーザーを半導体基板 1 の主面 3 a に照射して半導体基板 1 を加工し、固浸レンズとして作用する凸部 2 を半導体基板 1 の主面 3 a に形成する。このとき、ヘリウムネオンレーザーを直交座標系  $Q_1$  における X 軸及び Y 軸に沿って移動させて、ヘリウムネオンレーザーをその照射位置に移動し、その場に停止した後、ヘリウムネオンレーザーの照射位置に応じてその照射時間  $t$  を変化させる。これによって、実施の形態 1 と同様に、凸部 2 の表面を精度の良い曲面に仕上げることができる。従って、凸部 2 の固浸レンズとしての性

能を向上することができ、裏面解析精度が向上する。

【 0 0 6 3 】

なお、本実施の形態 3 での照射時間  $t$  は、実施の形態 1 と同様に、上記式 (1) で表すことができる。ただし、係数  $a_0$  はエッチングガス 26 雰囲気中で半導体基板 1 の主面 3a にレーザー 25 を照射したときの単位時間当たりの半導体基板 1 の Z 軸方向の削れ量である。また、本実施の形態 3 では集束イオンビーム 5 の代わりにレーザー 25 を使用しているため、実施の形態 1 と異なり、基板加工の進行とともに半導体基板 1 を Z 軸の正方向に移動させる必要はない。

【 0 0 6 4 】

また、レーザー 25 の照射時間  $t$  を上記式 (3) のように設定し、本実施の形態 3 に係る加工方法を用いて、図 4 に示される、非球面レンズとして作用する凸部 2 を半導体基板 1 に形成することもできる。

【 0 0 6 5 】

実施の形態 4.

図 7 は本発明の実施の形態 4 に係る半導体基板の加工方法を示す斜視図である。図 7 (a) に示される構造は加工前の半導体基板 1 の構造であって、図 7 (b) に示される構造は加工後の半導体基板 1 の構造である。なお、図 7 (b) に示される半導体基板 1 は、凹部 4 の形状を除いて、図 1 (a) に示される半導体基板 1 と同じ形状である。

【 0 0 6 6 】

上述の実施の形態 1, 2 では、集束イオンビーム 5 の照射位置を直交座標系  $Q_1$  における X 軸及び Y 軸に沿って移動させつつ半導体基板 1 を加工していたが、本実施の形態 4 では、図 7 (a) に示されるように、Z 軸を回転軸として半導体基板 1 を等速で回転させつつ半導体基板 1 を加工する。以下に、具体的に説明する。

【 0 0 6 7 】

まず、図 7 (a) に示されるように、Z 軸を回転軸として回転可能なステージ 30 上に加工前の半導体基板 1 を載置し、ステージ 30 を回転させる。これによって、Z 軸を回転軸として半導体基板 1 が回転する。ステージ 30 は、例えば 2

秒に 1 回転の速度で回転させる。

【0068】

次に、半導体基板 1 を回転させた状態で、半導体基板 1 の主面 3 a に対する集束イオンビーム 5 の照射位置を X 軸方向に沿って移動させて半導体基板 1 を加工する。このとき、集束イオンビーム 5 の 1 次元位置 x の値に応じてその照射時間 t を変化させる。具体的には、照射時間 t を以下のように設定する。

【0069】

【数 6】

$x^2 < r^2$  のとき

$$t = 2\pi x / a_0 \times (dw - d_0 - (r^2 - x^2)^{1/2})$$

$x^2 \geq r^2$  のとき

$$t = 2\pi x / a_0 \times (dw - d_0) \quad \dots(6)$$

【0070】

また、実施の形態 1 で述べたように、基板加工が進行するにつれて被加工面はもともとの半導体基板 1 の主面 3 a の位置から深い位置に変化するため、基板加工中も集束イオンビーム 5 が常にジャストフォーカスで半導体基板 1 の主面 3 a に照射されるように、Z 軸の負方向への基板加工の進行とともに、半導体基板 1 を Z 軸の正方向に移動させる。上述のステージ 3 0 は Z 軸方向に沿って移動可能であって、かかるステージ 3 0 を Z 軸方向に移動させることによって、半導体基板 1 を Z 軸に沿って移動させることができる。

【0071】

上述の図 1 に示される凸部 2 の表面は半球面であるため、凸部 2 の表面は直交座標系 Q 1 における Z 軸を回転軸とする回転曲面と言える。つまり、XZ 平面上あるいは YZ 平面上に形成された円を Z 軸の周りに回転させて得られる球面の一部が図 1 に示される凸部 2 の表面となる。従って、本実施の形態 4 に係る加工方法のように、Z 軸を回転軸として半導体基板 1 を回転させつつ、集束イオンビーム 5 をその主面 3 a に照射することによって凸部 2 を形成することができる。なお、半導体基板 1 を回転させて加工しているため、凸部 2 とともに形成される凹部 4 の形状は図 1 に示す凹部 4 とは異なっており、凹部 4 の Z 軸方向から見た平

面形状は円形となる。

【0072】

このように、本実施の形態4に係る半導体基板の加工方法では、半導体基板1を回転させつつ加工しているため、凸部2の表面をより精度の良い曲面に仕上げることができる。従って、裏面解析精度が更に向上する。

【0073】

なお、凸部2が非球面レンズとして作用し、その表面形状が図4に示される形状であっても、本実施の形態4に係る加工方法で当該凸部2を形成することができる。

【0074】

実施の形態1で述べたように、図4に示される凸部2の表面形状は、半導体基板1の厚さ方向を短軸、それに垂直な方向を長軸とする楕円を、短軸のまわりに回転して得られる横に長い回転楕円面の一部であるため、直交座標系Q2におけるZ軸を回転軸とする回転曲面と言える。従って、半球面の表面形状を有する凸部2と同様に、Z軸を回転軸として半導体基板1を回転させつつ、集束イオンビーム5の照射位置をX軸方向に沿って移動させることによって、半導体基板1の主面3aに非球面レンズとして作用する凸部2を形成することができる。なお、この場合の照射時間tは以下の式(7)で表すことができる。

【0075】

【数7】

$x^2 < a^2$  のとき

$$t = 2\pi x / a \times (dw - d0 - c \times (1 - x^2 / a^2)^{1/2})$$

$x^2 \geq a^2$  のとき

$$t = 2\pi x / a \times (dw - d0)$$

...(7)

【0076】

また、本実施の形態4の加工方法において、集束イオンビーム5の照射時間tを変化させる替わりに、実施の形態2のように、その焦点位置Fzを変化させることによって、固浸レンズとして作用する凸部2を形成することができる。具体的には、Z軸を回転軸として半導体基板1を等速で回転させた状態で、集束イ

オンビーム5の照射位置をX軸方向に沿って移動させつつ、その焦点位置Fzを1次元位置xに応じて変化させることによって、凸部2を形成することができる。

【0077】

図1に示される凸部2を形成する場合には、焦点位置Fzを以下の式(8)のように設定し、図4に示される凸部2を形成する場合には、焦点位置Fzを以下の式(9)のように設定する。

【0078】

【数8】

$x^2 < r^2$  のとき

$$Fz = ((dw - d0 - (r^2 - x^2)^{1/2}) \times 2\pi x / a0)^{1/2}$$

$x^2 \geq r^2$  のとき

$$Fz = ((dw - d0) \times 2\pi x / a0)^{1/2} \quad \dots(8)$$

【0079】

【数9】

$x^2 < a^2$  のとき

$$Fz = ((dw - d0 - c \times (1 - x^2 / a^2)^{1/2}) \times 2\pi x / a0)^{1/2}$$

$x^2 \geq a^2$  のとき

$$Fz = ((dw - d0) \times 2\pi x / a0)^{1/2} \quad \dots(9)$$

【0080】

なお、上記式(8)、(9)中の焦点位置Fzは、1次元位置xにおける集束イオンビーム5の照射時間tを、上記式(1)中の係数a0を定義する際に使用した単位時間と同じ値に設定した場合におけるジャストフォーカス時の焦点位置を“1”としたときの焦点位置である。

【0081】

また、上述の実施の形態3のように、エッチングガス26雰囲気中でレーザー25の照射時間tを変化させて半導体基板1の削れ量を調整する場合であっても、図8に示されるように、Z軸を回転軸として半導体基板1を回転させた状態で加工することによって、その主面3aに固浸レンズとして作用する凸部2を形成



することができる。このときのレーザーの照射時間 $t$ は、上記式(6)で表される。なお、図8(a)に示される構造は加工前の半導体基板1の構造であって、図8(b)に示される構造は加工後の半導体基板1の構造である。また、図8(b)に示される半導体基板1は、図7(b)に示される半導体基板1の形状と同じである。

#### 【0082】

このように、エッチングガス26雰囲気中で、半導体基板1を回転させながらレーザー25を照射することにより半導体基板1を加工することによって、凸部2の表面をより精度の良い曲面に仕上げることができ、凸部2の固浸レンズとしての性能が向上する。

#### 【0083】

実施の形態5.

図9は本発明の実施の形態5に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。図9(a)に示される構造は加工前の半導体基板1の断面構造であって、図9(b)に示される構造は加工後の半導体基板1の断面構造である。なお、図9(b)に示される半導体基板1は、図1(a)に示される半導体基板1と同じ形状を成している。以下に図9を参照して、本実施の形態9に係る加工方法について説明する。

#### 【0084】

まず、図9(a)に示されるように、Z軸方向に沿って移動可能なステージ10上に加工前の半導体基板1を載置する。そして、凸部2と同じ形状を成すマスク40を半導体基板1の主面3a上に載置する。本実施の形態5では、凸部2が半球体であるためマスク40は半球体となる。

#### 【0085】

マスク40は、例えば型を用いて形成することができ、半導体基板1と同一の材料で形成されている。従って、半導体基板1にシリコン基板が採用される場合には、マスク40はシリコンで形成される。

#### 【0086】

次に、マスク40の上方からマスク40が完全に除去されるまで、マスク40

及び半導体基板 1 の主面 3 a に集束イオンビーム 5 を照射して、半導体基板 1 の主面 3 a に凸部 2 を形成する。具体的には、集束イオンビーム 5 の照射位置を直交座標系 Q 1 における X 軸及び Y 軸に沿って移動させながら、半導体基板 1 及びマスク 4 0 を加工する。このときの各照射位置での照射時間  $t$  は一定であって、 $t = 1 / a 0 \times (d w - d 0)$  となる。

## 【 0 0 8 7 】

またこのとき、実施の形態 1 と同様に、基板加工中も集束イオンビーム 5 が常にジャストフォーカスで半導体基板 1 の主面 3 a あるいはマスク 4 0 の表面に照射されるように、Z 軸の負方向への加工の進行とともに、ステージ 1 0 によって半導体基板 1 を Z 軸の正方向に移動させる。

## 【 0 0 8 8 】

このように、凸部 2 と同じ形状を有するマスク 4 0 が除去されるまで、半導体基板と当該マスク 4 0 に集束イオンビーム 5 を照射し凸部 2 を形成しているため、精度の良い曲面を表面に有する凸部 2 を半導体基板 1 の主面 3 a に形成することができる。従って、凸部 2 の固浸レンズとしての性能が向上し、裏面解析精度が向上する。

## 【 0 0 8 9 】

なお、本実施の形態 5 に係る半導体基板の加工方法において、集束イオンビームを用いる替わりに、ドライエッチング法を用いることによって凸部 2 を形成しても良い。以下に、この場合の本実施の形態 5 に係る加工方法について説明する。

## 【 0 0 9 0 】

図 1 0 は、ドライエッチング法を用いて凸部 2 を形成する方法を示す断面図である。図 1 0 ( a ) に示される構造は加工前の半導体基板 1 の断面構造であって、図 1 0 ( b ) に示される構造は加工途中の半導体基板 1 の断面構造であって、図 1 0 ( c ) に示される構造は加工後の半導体基板 1 の断面構造である。なお、図 1 0 ( c ) に示される半導体基板 1 は、図 1 ( a ) に示される半導体基板 1 と同じ形状である。

## 【 0 0 9 1 】

図10(a)に示されるように、まず、マスク40を半導体基板1の主面3a上に載置する。そして、マスク40の上方からマスク40が除去されるまで、マスク40及び半導体基板1に対してドライエッチングを行う。このときのドライエッチングには、例えばガスプラズマを用いた反応性イオンエッチングが採用される。これにより、図10(c)に示されるように、半導体基板1の主面3aに固浸レンズとして作用する凸部2が形成される。

## 【0092】

このように、凸部2と同じ形状を有するマスク40が除去されるまで、半導体基板1と当該マスク40に対してドライエッチングを行って凸部2を形成しているため、精度の良い曲面を表面に有する凸部2を半導体基板1の主面3aに形成することができ、凸部の固浸レンズとしての性能が向上する。

## 【0093】

また、集束イオンビーム5を照射する替わりに、エッチングガス26雰囲気中でレーザー25をマスク40及び半導体基板1に照射することによって凸部2を形成しても良い。以下に、この場合の本実施の形態5に係る加工方法について説明する。

## 【0094】

図11は、エッチングガス26雰囲気中でのレーザー25の照射によって凸部2を形成する方法を示す断面図である。図11(a)に示される構造は加工前の半導体基板1の断面構造であって、図11(b)に示される構造は加工後の半導体基板1の断面構造である。なお、図11(b)に示される半導体基板1は、図1(a)に示される半導体基板1と同じ形状である。

## 【0095】

図11(a)に示されるように、まず、マスク40を半導体基板1の主面3a上に載置する。そして、エッチングガス26雰囲気中において、マスク40の上方からマスク40が除去されるまで、マスク40及び半導体基板1にレーザー25を照射する。具体的には、レーザー25の照射位置を直交座標系Q1におけるX軸及びY軸に沿って移動させながら、半導体基板1及びマスク40を加工する。このときの各照射位置での照射時間 $t$ は一定であって、 $t = 1/a_0 \times (dw$

- d 0 ) となる。

【 0 0 9 6 】

これにより、図 1 1 ( b ) に示されるように、半導体基板 1 の主面 3 a に固浸レンズとして作用する凸部 2 が形成される。

【 0 0 9 7 】

このように、凸部 2 と同じ形状を有するマスク 4 0 が除去されるまで、エッチングガス 2 6 雰囲気中で半導体基板 1 と当該マスク 4 0 にレーザー 2 5 を照射して凸部 2 を形成しているため、精度の良い曲面を表面に有する凸部 2 を半導体基板 1 の主面 3 a に形成することができ、凸部の固浸レンズとしての性能が向上する。

【 0 0 9 8 】

なお本実施の形態 5 では、球面レンズとして作用する凸部 2 を形成する場合について説明したが、非球面レンズとして作用する凸部 2 を形成する場合にも本実施の形態 5 に係る発明が適用できる。例えば、半楕円体のマスク 4 0 を半導体基板 1 上に載置して、かかるマスク 4 0 が除去されるまで集束イオンビーム 5 を半導体基板 1 及びマスク 4 0 に照射することによって、あるいは半導体基板 1 及びマスク 4 0 に対してドライエッチングを行うことによって、あるいはエッチングガス 2 6 雰囲気中でレーザー 2 5 を半導体基板 1 及びマスク 4 0 に照射することによって、図 4 に示される、非球面レンズとして作用する凸部 2 を半導体基板 1 の主面 3 a に形成することができる。

【 0 0 9 9 】

また本実施の形態 5 では、マスク 4 0 を半導体基板 1 と同一の材料で形成したが、集束イオンビーム 5 を用いて半導体基板 1 を加工する場合には、集束イオンビーム 5 による単位時間当たりの削れ量が半導体基板 1 と実質的に同一である材料であれば、他の材料を用いてマスク 4 0 を形成しても良い。また、ドライエッチング法を用いて半導体基板 1 を加工する場合には、半導体基板 1 とエッチングレートが実質的に同一である材料であれば、他の材料を用いてマスク 4 0 を形成しても良い。また、エッチングガス 2 6 雰囲気中でのレーザー 2 5 の照射によって半導体基板 1 を加工する場合には、エッチングガス 2 6 雰囲気中でのレーザー

25による単位時間当たりの削れ量が半導体基板1と実質的に同一である材料であれば、他の材料を用いてマスク40を形成しても良い。

【0100】

【発明の効果】

この発明に係る半導体基板の第1の加工方法によれば、半導体基板の削れ量を集束イオンビームの照射時間によって調整しているため、凸部の表面を精度の良い曲面に仕上げることができる。従って、凸部の固浸レンズとしての性能が向上する。

【0101】

また、この発明に係る半導体基板の第2の加工方法によれば、半導体基板の削れ量を集束イオンビームの焦点位置によって調整しているため、凸部の表面を精度の良い曲面に仕上げるができる。従って、凸部の固浸レンズとしての性能が向上する。

【0102】

また、この発明に係る半導体基板の第3の加工方法によれば、半導体基板の削れ量をレーザーの照射時間で調整しているため、凸部の表面を精度の良い曲面に仕上げることができる。従って、凸部の固浸レンズとしての性能が向上する。

【0103】

また、この発明に係る半導体基板の第4の加工方法によれば、凸部と同じ形状を有するマスクが除去されるまで、半導体基板と当該マスクに集束イオンビームが照射されて凸部が形成されるため、精度の良い曲面を表面に有する凸部を半導体基板の主面に形成することができる。従って、凸部の固浸レンズとしての性能が向上する。

【0104】

また、この発明に係る半導体基板の第5の加工方法によれば、凸部と同じ形状を有するマスクが除去されるまで、半導体基板と当該マスクに対してドライエッチングが行われて凸部が形成されるため、精度の良い曲面を表面に有する凸部を半導体基板の主面に形成することができる。従って、凸部の固浸レンズとしての性能が向上する。

【 0 1 0 5 】

また、この発明に係る半導体基板の第 5 の加工方法によれば、凸部と同じ形状を有するマスクが除去されるまで、エッチングガス雰囲気中で半導体基板と当該マスクにレーザーが照射されて凸部が形成されるため、精度の良い曲面を表面に有する凸部を半導体基板の主面に形成することができる。従って、凸部の固浸レンズとしての性能が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 に係る半導体基板の加工方法で製作される半導体基板の構造を示す図である。

【図 2】 本発明の実施の形態 1 に係る半導体基板の加工方法で製作される半導体基板の構造を示す斜視図である。

【図 3】 本発明の実施の形態 1 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。

【図 4】 本発明の実施の形態 1 に係る半導体基板の加工方法で製作される半導体基板の構造を示す図である。

【図 5】 本発明の実施の形態 2 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。

【図 6】 本発明の実施の形態 3 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。

【図 7】 本発明の実施の形態 4 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。

【図 8】 本発明の実施の形態 4 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。

【図 9】 本発明の実施の形態 5 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。

【図 1 0】 本発明の実施の形態 5 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。

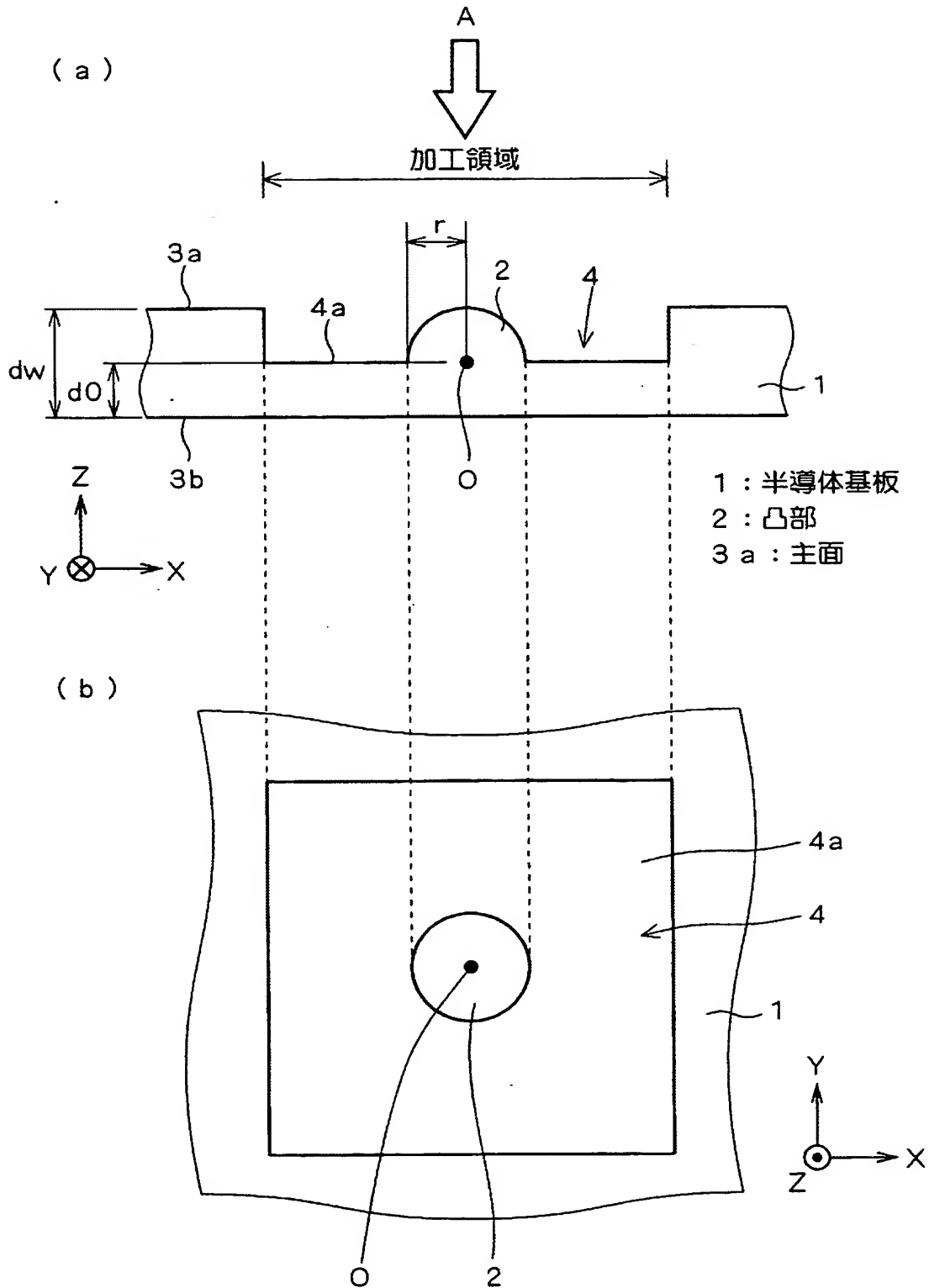
【図 1 1】 本発明の実施の形態 5 に係る半導体基板の加工方法を示す断面図である。

【符号の説明】

1 半導体基板、2 凸部、3 a 主面、5 集束イオンビーム、2 5 レー  
ザー、2 6 エッチングガス、4 0 マスク。

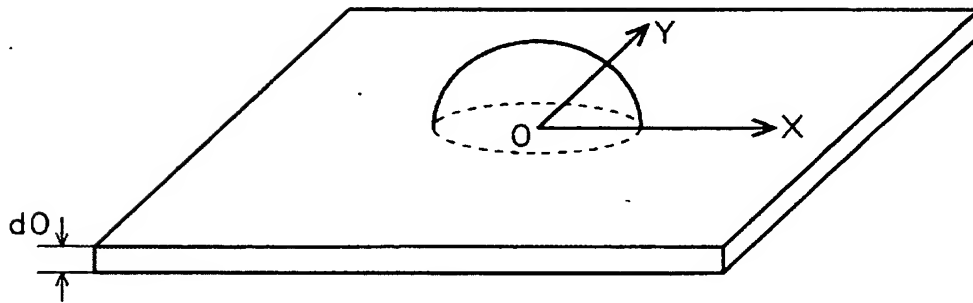
【書類名】 図面

【図 1】

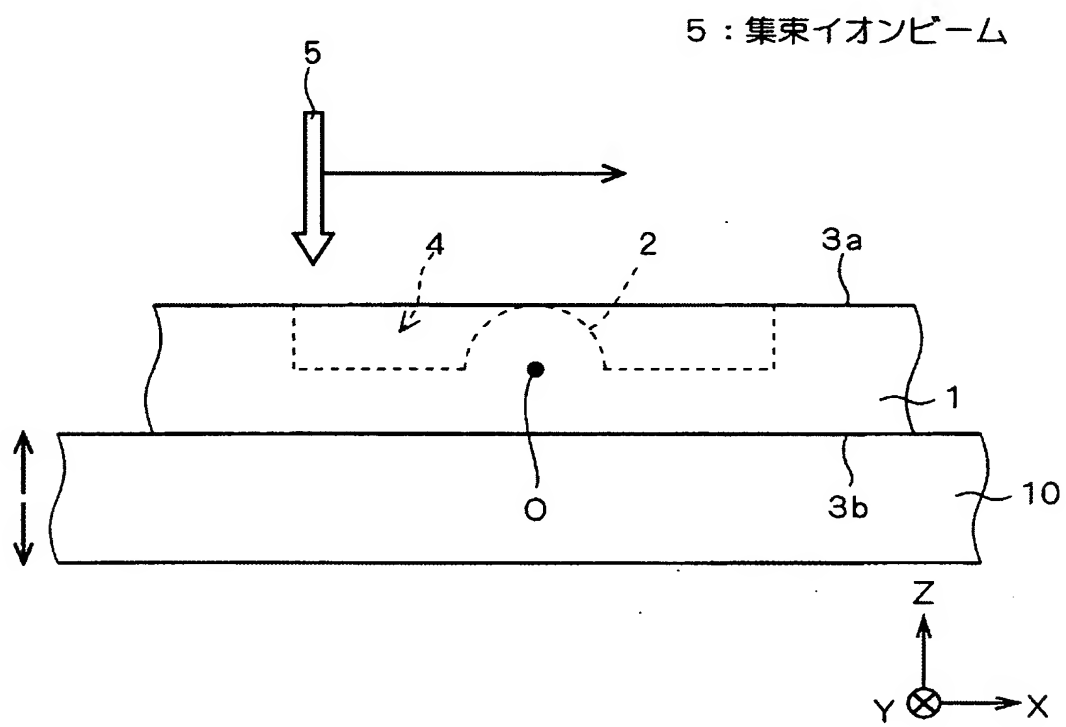




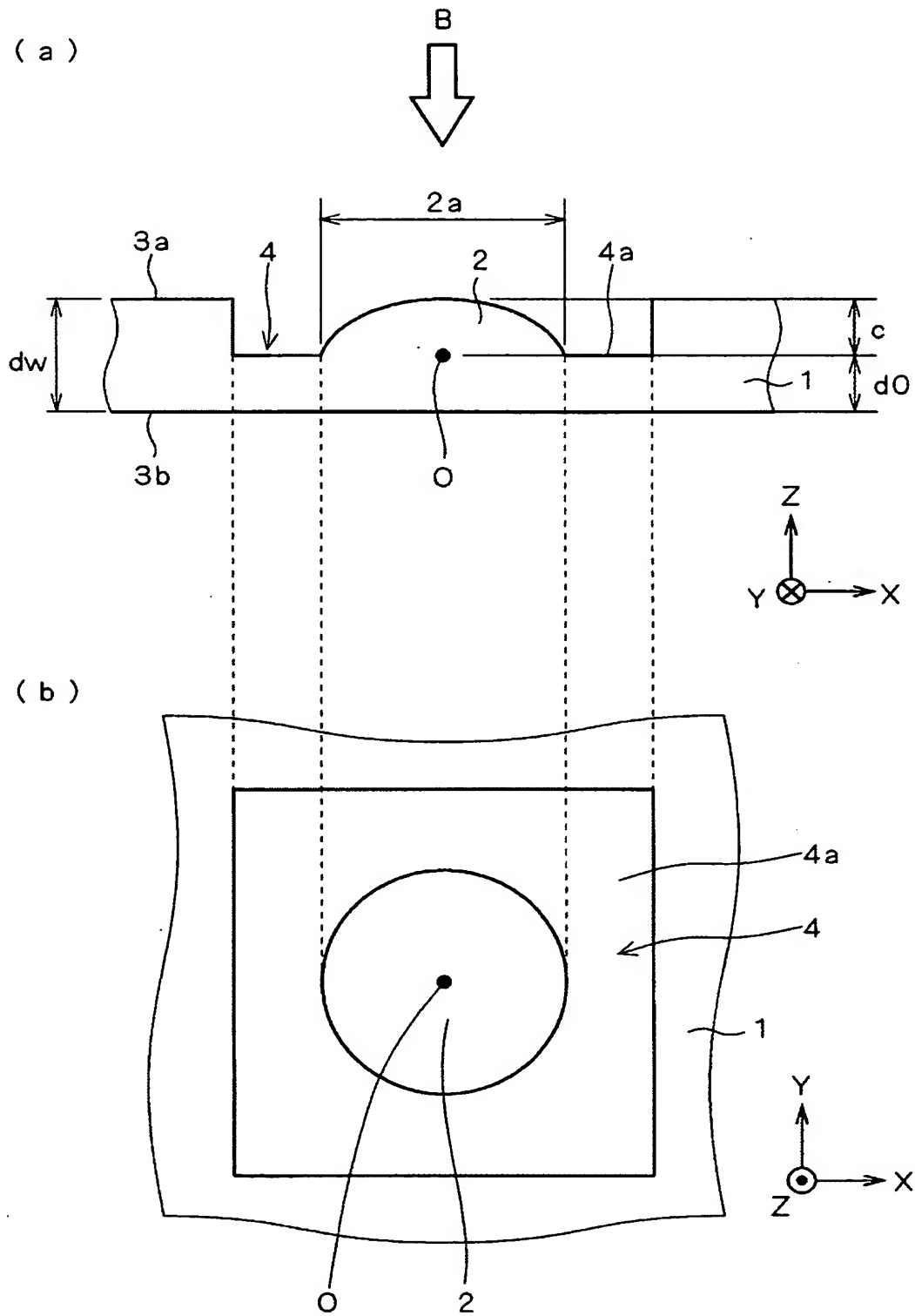
【図 2】



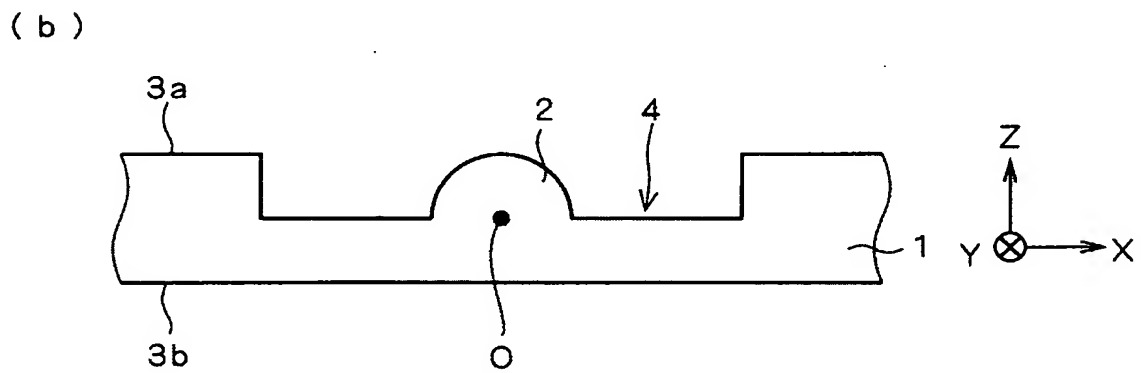
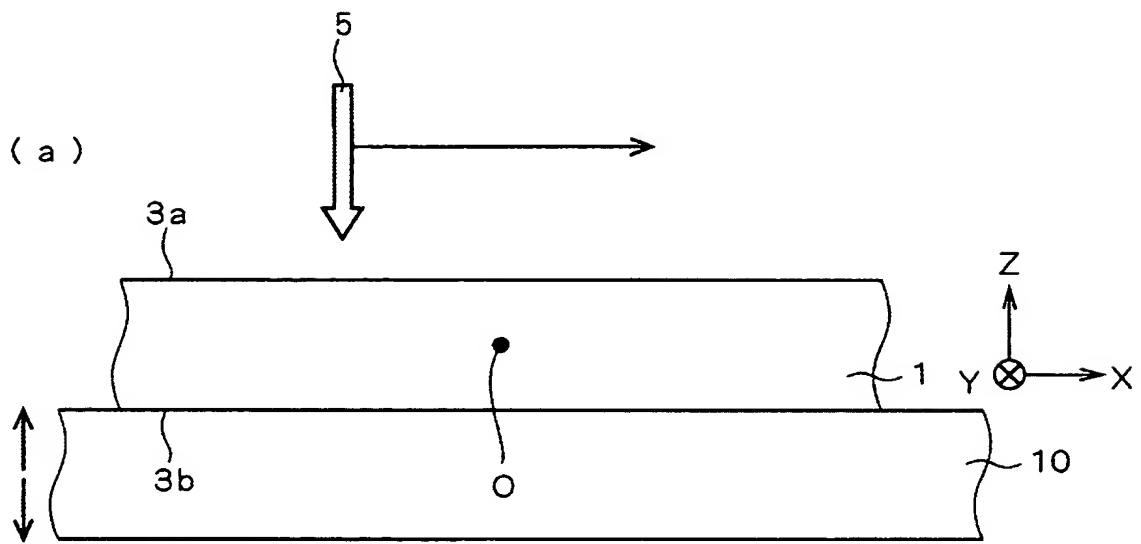
【図 3】



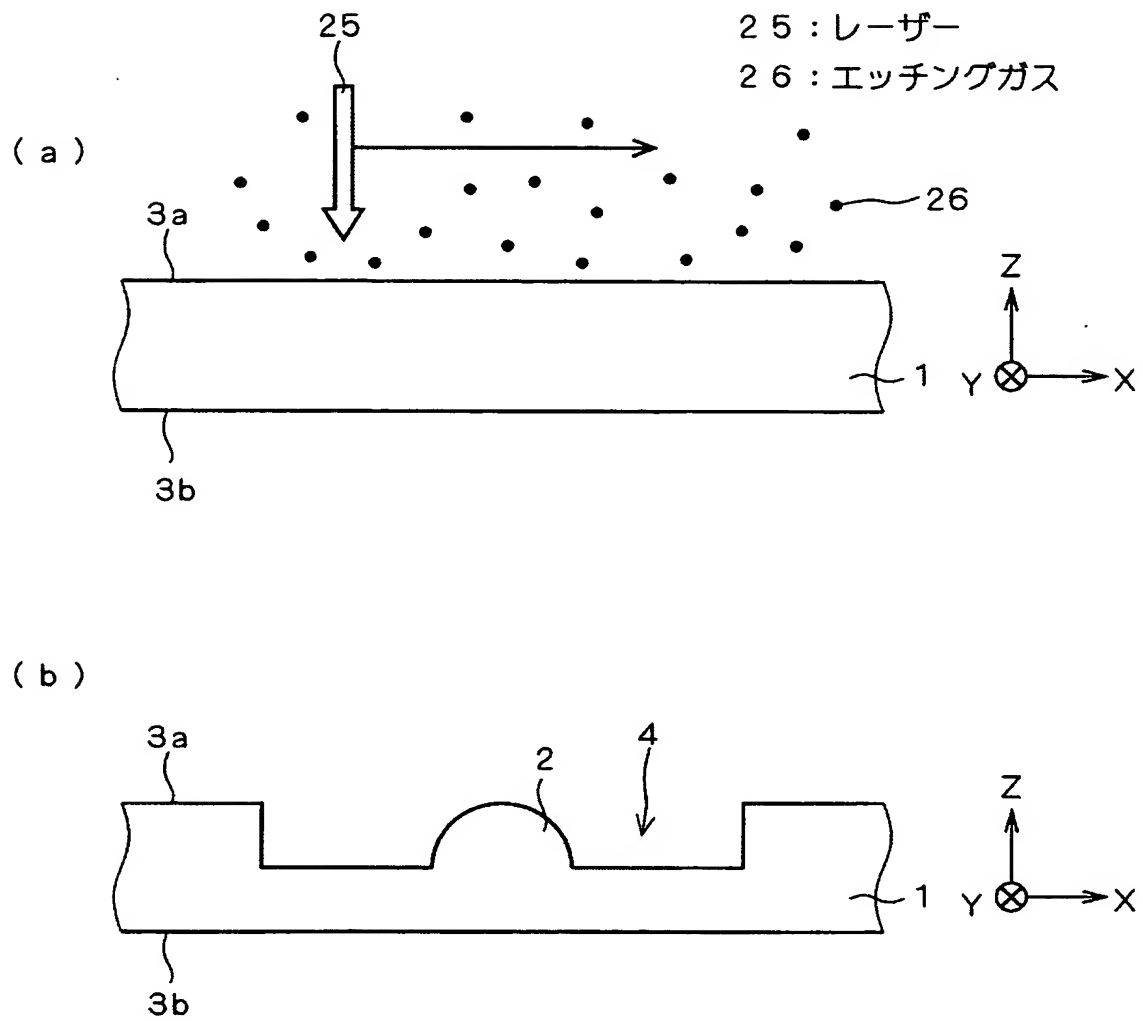
【図 4】



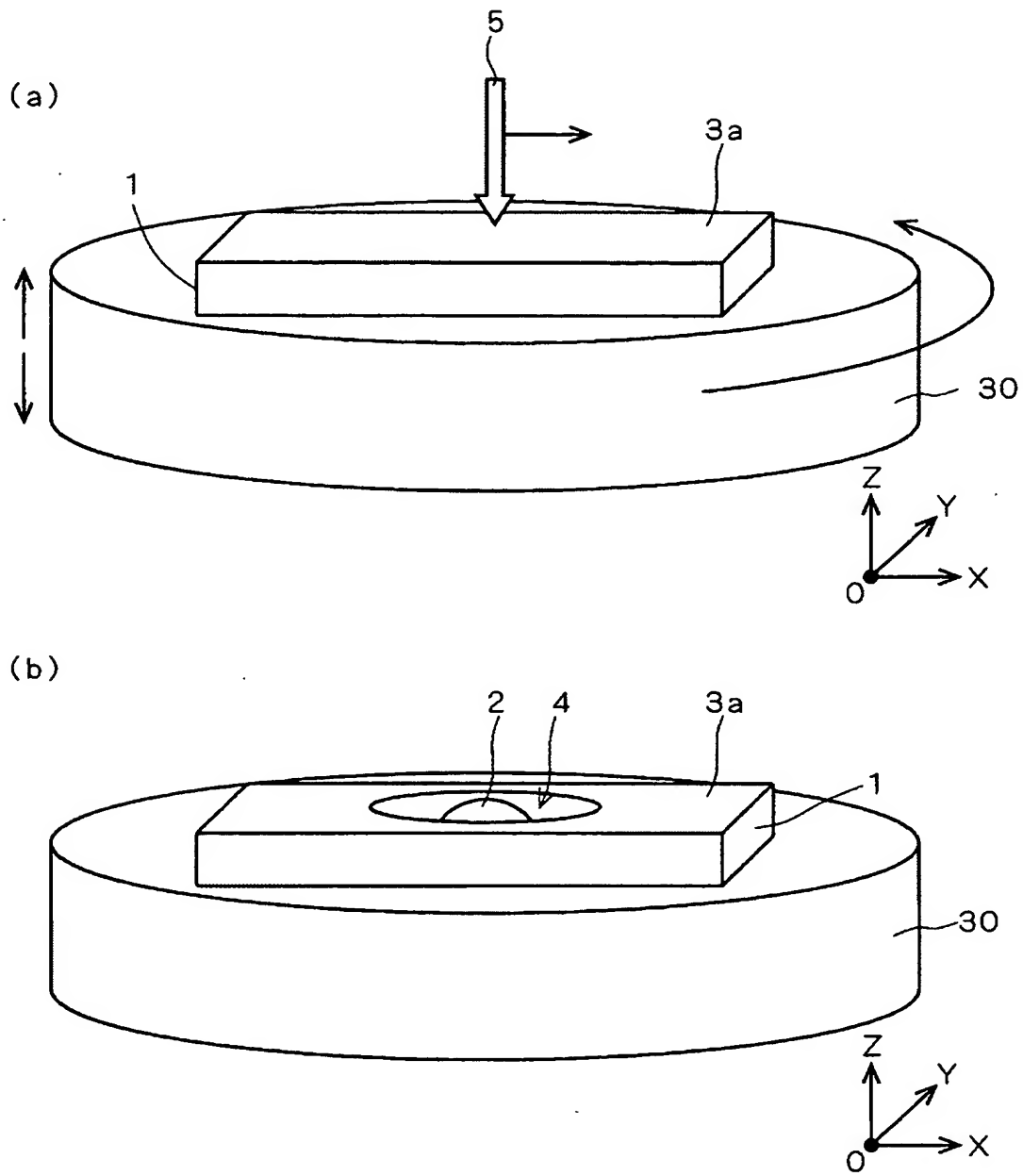
【図 5】



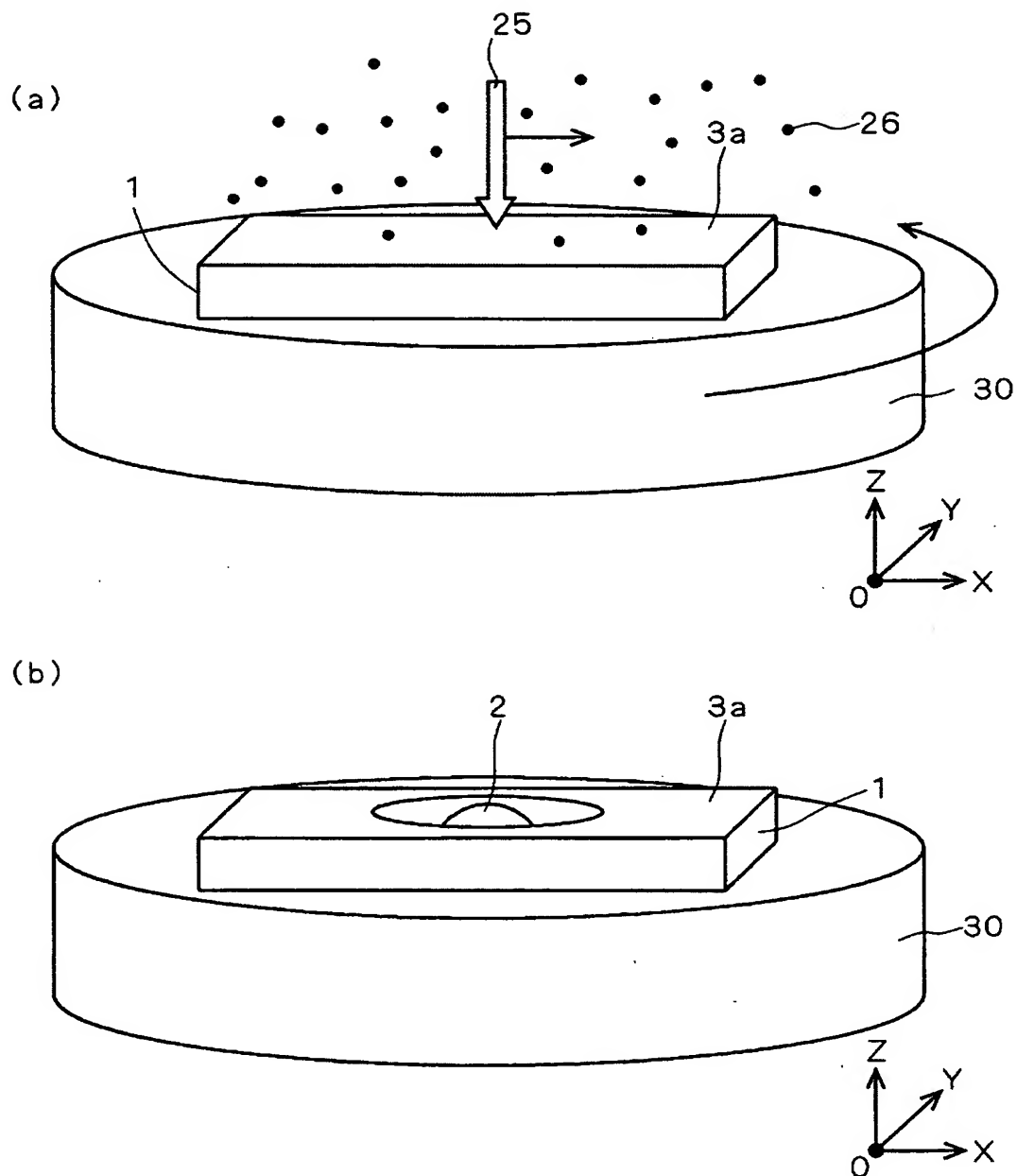
【図 6】



【図 7】

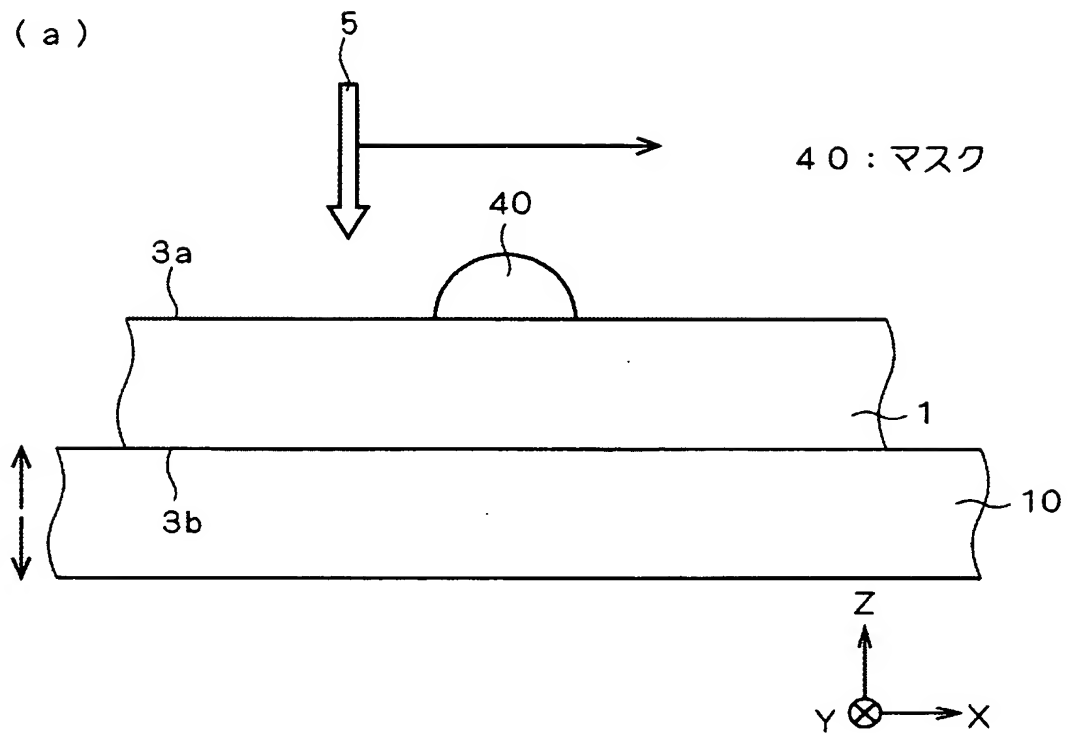


【図 8】

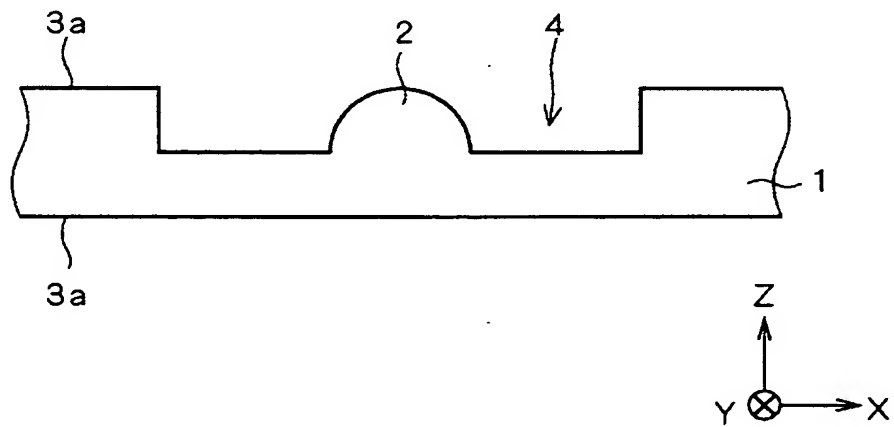


【図 9】

( a )

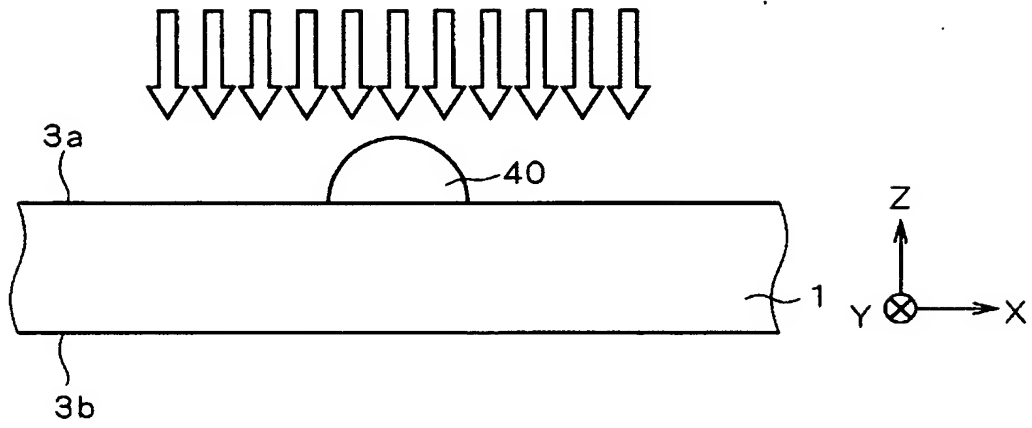


( b )

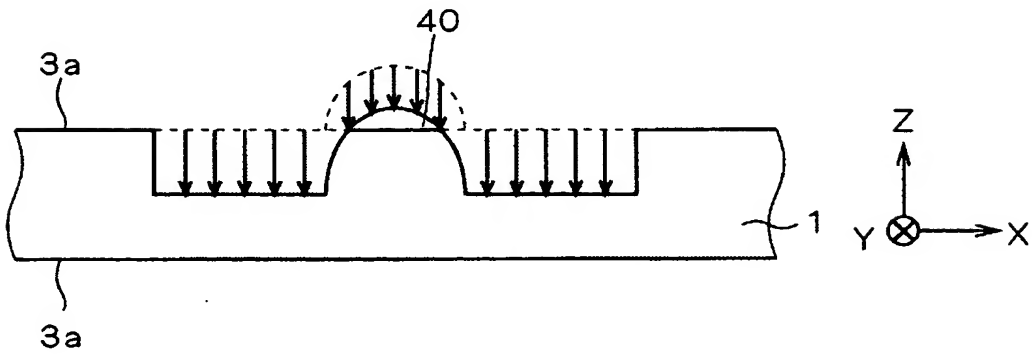


【図 10】

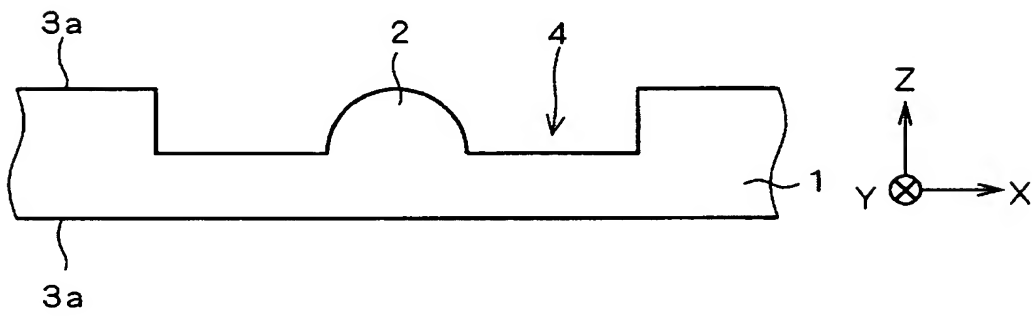
( a )



( b )

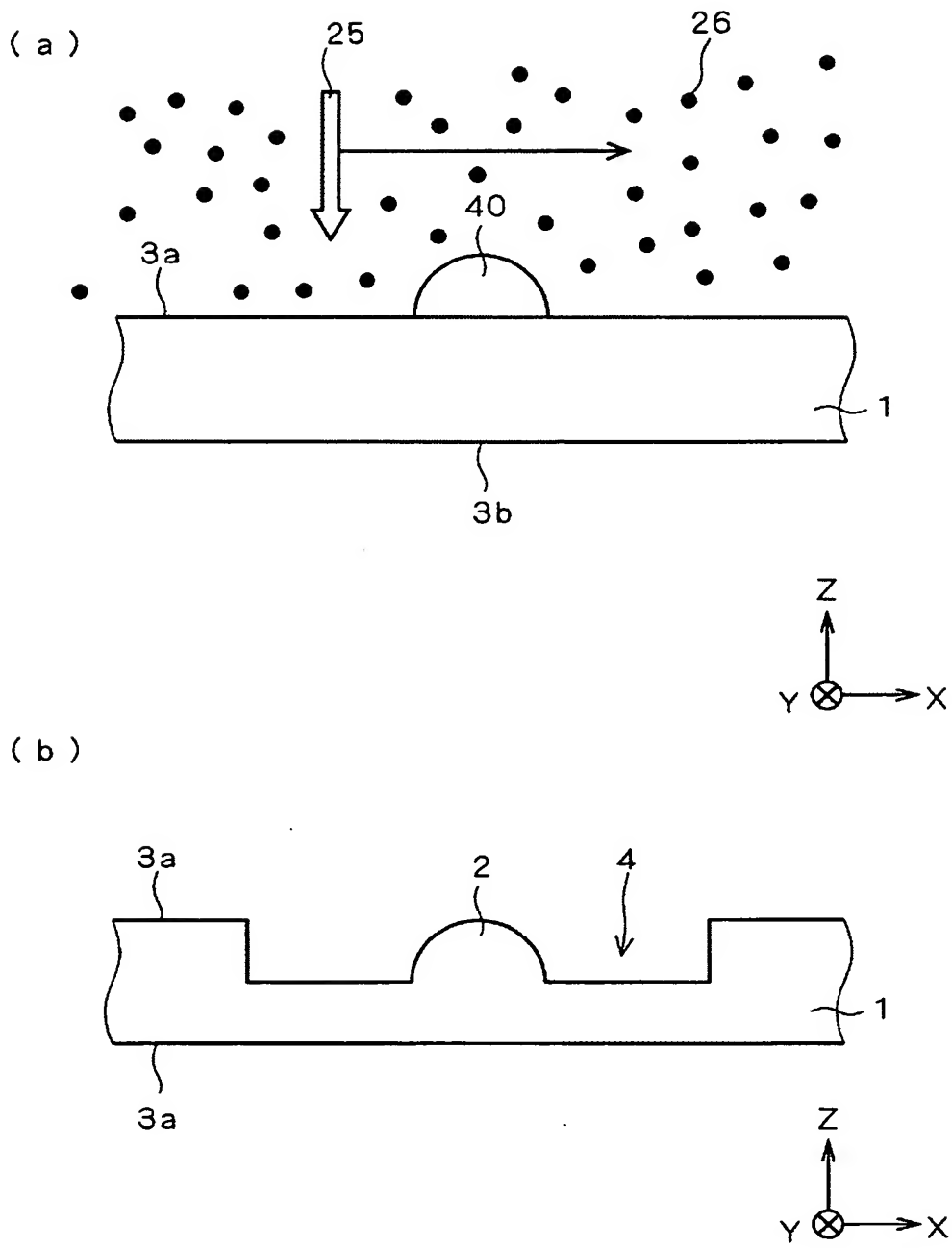


( c )





【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体基板を加工して、その表面に固浸レンズを形成する場合に、かかる固浸レンズの性能を向上することができる半導体基板の加工技術を提供する。

【解決手段】 半導体基板 1 に集束イオンビーム 5 を照射して、その主面 3 a に固浸レンズとして作用する凸部 2 を形成する。このとき、集束イオンビーム 5 による半導体基板 1 の削れ量を、半導体基板 1 に対する集束イオンビーム 5 の照射時間を変化させることによって調整する。これによって、凸部 2 の表面が精度の良い曲面となり、凸部 2 の固浸レンズとしての性能が向上する。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [503121103]

1. 変更年月日	2003年 4月 1日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内二丁目4番1号
氏 名	株式会社ルネサステクノロジ